

## II Mathematik / Naturwissenschaften

Karlheinz Schaedler

## 1 Einführung und grundsätzliche Anmerkungen zur aktuellen Situation des Faches Mathematik und der naturwissenschaftlichen Fächer

Mathematik und Naturwissenschaften prägen unsere Gesellschaft in vielen Bereichen. Die mathematischen Einflüsse sind oft weniger direkt zu erkennen als die physikalischen. So erkennt man bei Verkehrsflussoptimierungen sehr schnell die Induktionsschleifen in der Fahrbahndecke, aber nicht die Software für die daraus folgenden Anzeigen zur Geschwindigkeitsbegrenzungen. Die physikalische bestimmte Nanotechnologie bei Wasser abweisendem Verputz oder die chemischen Grundlagen bei der Entwicklung von Betonzusammensetzungen sind leichter erkennbar als die den Prozess durchdringende Mathematik. Beide Fachbereiche sind jedoch ständig präsent, und der wesentliche Beitrag des Fachunterrichts in Mathematik und den Naturwissenschaften zur Bildung der Schülerinnen und Schüler ist aus diesem Grund auch nicht umstritten und wird über Grunderfahrungen ermöglicht. Erst das Wissen um mathematische und naturwissenschaftliche Gesichtspunkte macht technische, natürliche, soziale und kulturelle Erscheinungen und Vorgänge verstehbar und individuell beurteilbar, eine wichtige Voraussetzung für die Befähigung der Schülerinnen und des Schülers "zu selbständigem kritischem Urteil, eigenverantwortlichem Handeln und schöpferischem Tun" (KMK-Beschluss zu allgemeine Bildungsziele der Schulen, 25.05.1973). Die für alle Bundesländer nicht zufriedenstellenden Ergebnisse der internationalen Vergleichsuntersuchungen TIMSS<sup>38</sup> und PISA für diese beiden Fachbereiche werden zu Recht sehr ernst genommen. Die traditionell stark verbreitete deutliche Fokussierung mit gleichzeitiger Begrenzung auf die Fachinhalte im Unterricht wurde in Frage gestellt und die bessere Förderung der Modellierungskompetenz, also die mathematischen und naturwissenschaftlichen Prinzipien und Theorien in realen Situationen zu erkennen, zu beschreiben und anzupassen, als notwendig gesehen.

Die aktuelle Situation ist zum einen gekennzeichnet durch eine deutlich verstärkte öffentliche Diskussion über die gesellschaftliche, ökonomische und kulturelle Bedeutung dieser Fächer, verbunden mit entsprechenden schulrelevanten Angeboten z.B. "2008, das Jahr der Mathematik", das Projekt "MathematikAndersMachen" der TELEKOM-Stiftung, der schulischen Profilierung der MINT<sup>39</sup>-Fächer und anderen Angeboten. Zum anderen zwingt gerade im Hinblick auf berufliche und wirtschaftsspezifische Auswirkungen der immer drängender werdende Nachwuchsmangel in diesen Disziplinen (IT-Bereich, Ingenieurwissenschaften, Fachlehrer und Fachkräfte) dazu, Attraktivität und Qualität des entsprechenden Fachunterrichts zu erhöhen, um zukünftig mehr motivierte Fachkräfte zu gewinnen.

Die hierfür notwendige Entwicklung der allgemeinen, aber auch der fachspezifischen Kompetenzen kann meist nicht in einem abgeschlossenen Theorieraum eines Faches z. B. der Zahlentheorie oder der Vererbungslehre geschehen. Die kumulative Kompetenzentwicklung erfordert die praktische Erfahrung des Lernenden, so etwa die erlebte und gemessene Geschwindigkeit zu Fuß, mit dem Fahrrad oder im freien Fall vom Sprungturm in das Sprungbecken eines Schwimmbades, dessen bauliche Dimensionen nicht nur aus ästhetischen sondern auch aus physikalischen Gründen aufeinander abgestimmt sein müssen. Die Flugbahnen der Springer vom Turm oder Brett müssen schließlich trotz unterschiedlicher Anfangsbedingungen im Becken enden. Auch die Farbenpracht des natürlichen oder künstlich erzeugten Regenbogens muss verstanden und deren Spektralanteile erkannt werden, um die Diskussion über "kalte" Energiesparlampen und "warme" Glühlampen

38 TIMSS-Trends in
International Mathematics and
Science Study, erste Studie 1995;
mehr zu TIMSS unter: http://did.mat.
uni-bayreuth.de/-matthias/timss/
timss2.htm (26.10.2009)
39 MINT-Fächer sind:
Mathematik, Informatik,
Naturwissenschaften, Technik
40 Pascal Dubourg Glatigny:
Architecture et mathématiques au
XVIIe siècle, Vortrag 16.06.2008,
Franz. Kulturinstitut München

nach zu vollziehen oder auch mit zu gestalten. Das Verstehen natürlicher Prozesse ist also eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung und Einschätzung neuer Prozesse.

Bauen und Gestalten gehören zu den ersten Aktivitäten in der Menschheitsgeschichte und sind seitdem permanent "im Raum" – ob vor Tausenden von Jahren die Nutzung und der "Ausbau" einer Waldhöhle oder heute der Bau eines Einfamilienhauses mit bester Seelage und Fernblick. Schutz und Sicherheit, wie der kontrollierte Umgang mit Energie, Wärme, Feuer und Wasser sind seit jeher notwendig, um die menschlichen Grundbedürfnisse zu erfüllen. Der Themenbereich "Baukultur – gebaute Umwelt" kann deshalb zur allgemeinen Motivation anregen, weil er für viele Lernprozesse den lernpsychologisch wichtigen gegenständlichen Anknüpfungspunkt bietet und den kumulativen Zuwachs an Fach- und allgemeiner Kompetenz – im besten Fall am gleichen Projekt – ermöglicht.

Da sich die Bedingungen des Bauens und Wohnens ständig verändert haben und sich immer noch verändern, sind auch die kreativen Fähigkeiten gefordert - ob bei der Gestaltung eines Dachstuhls oder der Reaktion auf extreme Situationen wie der Schwerelosigkeit einer Weltraumstation oder beim Wohnungsbau in Landstrichen mit extremem Klima. Das notwendige Zusammenspiel von Funktionalität und dem Wunsch nach subjektivem Wohlbefinden ist besonders beim Bau von Wohngebäuden leicht erkennbar. Die Gestaltungsmöglichkeiten sind einerseits abhängig von den Eigenschaften der Baumaterialien und Baukonzepten und andererseits wird deren Entwicklung wiederum gesteuert von persönlichen Vorstellungen, Ansprüchen und Lebensgewohnheiten, aber auch von objektiven Faktoren wie Klima, Bevölkerungszahl, Arbeitsabläufen. Auch der Zusammenhang zu global feststellbaren Aspekten der Ökonomie und der Ökologie muss gesehen werden. Diese inhaltlichen Vernetzungen dürfen auch bei den für das Verständnis notwendigen Fokussierungen auf Einzelaspekte nicht verdrängt werden. Bei der Gestaltung von Gebäuden muss eine Abstimmung von Materialien und Konzepten gewährleistet sein, Einzelaspekte wie Lichteinfall durch Glasfronten eines Wohn- oder Geschäftshauses dürfen die Steuerung des 'Binnenklimas' nicht stören. Dies führte in den letzten Jahren zu großen Entwicklungsschüben in der Glasentwicklung von Doppel- und Dreifachverglasungen bis zu Gläsern, die für Wellenlängen im sichtbaren Bereich durchlässig sind, jedoch nicht für langwellige Wärmestrahlungen. So bedeutsam die Energieeffizienz eines Neu- oder eines Umbaus von möglicherweise auch denkmalgeschützten Objekten auch ist, sie darf das ästhetische, physische und psychische Wohlbefinden von Nutzern oder Bewohnern und den "historischen Einklang" nicht erdrücken bzw. verdrängen. Das mit technischen Mitteln realisierte, im Vorfeld berechnete Raumklima kann z.B. den emotional notwendigen, direkten Kontakt mit der Außenwelt des Raumes nicht ersetzen. Die fensterlosen Unterrichts- oder Arbeitsräume der 70er-Jahre-Schulbauten sind in den meisten Neubauplanungen glücklicherweise nicht mehr vorhanden. Diese Entwicklungen nachzuvollziehen fordert und fördert die Entwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundwissens und die Kompetenz, dieses auch auf Realsituationen modellhaft zu übertragen. In angepassten Modellen denken, das Muster eines Modellierungsprozesses zu kennen und damit eine Realsituation weiter zu entwickeln ist eine wichtige Kompetenz im Mosaik der persönlichen Bildung.

"Die 'Wissenschaft der Größen' [und Muster, dafür stehen die Mathematik und die Naturwissenschaften] ist im Übrigen das einzige intellektuelle Werkzeug, das allen drei Komponenten der Architektur – Stabilität, Bequemlichkeit und Schönheit – gleichzeitig von Nutzen ist."<sup>40</sup> Die Architektur erweist sich damit als gut begehbare Brücke für Lernprozesse im Fächerbereich Mathematik-Naturwissenschaften und dies trotz der "widernatürlichen" Abtrennung der technischen Konstruktion von der Architektur, eine direkte Folge der Entwicklung der theoretischen Mechanik im 18. Jahrhundert als abgeschlossene Teiltheorie der Physik. Heute ist die Trennung möglicherweise notwendig wegen der Komplexität des Bauprozesses, die das Projektteam aus Bautechnikern, Ingenieuren und Architekten fordert. Diese Trennung in Fachbereiche und der spätere Zwang zur erneuten intensiven Kooperation spiegeln den Prozess wider, der bei der Entwicklung der Quantenmechanik in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts auftrat. Die häufig als eigenständige Theorie betrachtete Quantenmechanik beinhaltet die klassische Mechanik, d. h. sie stellt eine

Weiterentwicklung der klassischen Mechanik dar und ist relevant auch für nichtphysikalische Fachgebiete.

Jahrtausende lang – nicht nur beim Bau der Pyramiden – war die Beantwortung der Frage wichtig: Wie kann das in der Natur vorhandene Material, z. B. Holz oder Stein, für den Bau eines schützenden Raumes genutzt werden? Heute kehrt sich die Fragestellung eher um: Wie muss das Material entwickelt und zusammengesetzt werden, um eine Objektidee zu verwirklichen, z. B. das einen Kilometer in die Höhe ragende Gebäude in Dubai oder das Olympiastadion von Peking als "leicht gebautes Vogelnest" mit mehr als 90.000 Zuschauerplätzen. Die Bauchemiker und Bauingenieure sind bei diesen Fragen gefordert, die Voraussetzungen zu schaffen, z. B. geeignetes Baumaterial und technische Verfahren zu entwickeln für die Umsetzung der Bauideen in Architekturentwürfe und -planungen. Dies betrifft neben den Großprojekten ebenso die kleineren, alltäglichen Bauobjekte wie die von der Ressourcenknappheit für Primärenergie geforderten Energiesparhäuser von den "Niedrigenergiehäusern" bis zu den "Plusenergiehäusern" beim Wohnungs- und Nutzbau.

Erfahrungen in der natürlichen und gebauten Umwelt machen die Bauprinzipien sichtbar und erlebbar. Sie werden gesucht, entdeckt und verstanden. Der Weg vom Entdecken zum Gestalten wird aufgezeigt. Dieser Modellierungsprozess fordert und fördert den sicheren Umgang mit Größen, Formen und das funktionale Verständnis, das heißt die Abhängigkeiten von den Rahmenbedingungen müssen sowohl qualitativ als auch quantitativ erkannt werden um eine angemessene und geeignete Reaktion zu ermöglichen. Damit wird auf dem jeweils vorhandenen, ständig wachsenden Grundwissen aufgebaut und die allgemeinen sowie die fachspezifischen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler werden weiter entwickelt.

Diese Fachkompetenzen sind Voraussetzung für die Entwicklung von Modellen – handwerklich greifbaren und gedanklich strukturierten –, deren Bewertungen und die darauf aufbauenden Planungen. Die ersten Schritte im Hinblick auf diese Modellierungskompetenz müssen in überschaubaren, begrenzten Umgebungen gemacht werden können, um den Aufbau des Fachwissens und der Fachkompetenz steuerbar, überschaubar und nachvollziehbar zu gestalten. In den Modellierungskreisläufen werden die Kompetenzen kumulativ weiterentwickelt und die Urteilsfähigkeit bei größeren Projekten gefördert, eine für unsere Gesellschaftsentwicklung nicht zu vernachlässigende Fähigkeit. Die Dimensionen der zukünftigen Bau- und Umgestaltungsprojekte erfordern – zumindest in demokratischen Strukturen – einen Prozess der Diskussion und Willensbildung in der Gesellschaft, an dem die Bürger kritisch und wertend teilhaben müssen. Schon heute sind beispielsweise mehr als 20 urbane, große bis gigantische Neugründungen von Megastädten, z. B. in Dubai und an anderen Orten geplant oder im Bau, als Lebensraum für mehr als zehn Millionen Menschen<sup>41</sup>. Die zur Zeit planenden und handelnden Staaten sind allerdings eher nicht demokratisch strukturiert, und die Entscheidungen wurden von den jeweiligen "Eliten" der Gesellschaft getroffen.

So gigantisch die einzelnen Projekte auch sind und so groß diese damit "versorgte" Anzahl von Menschen wirkt, für den Zuwachs der Weltbevölkerung in den nächsten 30 – 40 Jahren, der zwischen 1,5 und 4 Milliarden geschätzt wird je nach Modellansatz, <sup>42</sup> sind diese Neugründungen dennoch keine abschließende Antwort auf die Frage: Wie werden wir morgen leben? Die von den Städteplanern mit Unterstützung der Mathematiker, Naturwissenschaftler, Techniker, Ingenieure u. a. Berufsgruppen, entwickelten Modelle und deren Realisierungen sind jedoch Entscheidungshilfen für zukünftige notwendige Maßnahmen. Auch die Planer und Entwickler der inzwischen fertig gestellten "vertikalen Stadtanlage" mit fast 820 m Höhe in Dubai, der Turm Burj Dubai, betrachten ihr Werk als Modell. Mit durchschnittlich 17.000 – 20.000 sich im Hochhaus aufhaltenden Personen ist hier ein Objekt mit einem interessanten Zahlenverhältnis Personenanzahl pro Quadratmeter Erdoberfläche entstanden. Ist dies eine mögliche Lösung für die anwachsende Erdbevölkerung, von der heute bereits mehr als die Hälfte in Groß- und Megastädten lebt?

**<sup>41</sup>** Spiegel Spezial Nr. 4/2008, Architektur und Design, S. 80 – 81

**<sup>42</sup>** Bundeszentrale für politische Bildung, Bericht UN/DESA 2006, http://www.bpb.de/files/MUEY95 pdf (26.10.2009)

Die kritische Bewertung – nicht nur bezüglich des Burj Dubai – setzt jedoch neben den allgemeinen auch die mathematischen und naturwissenschaftlichen Fachkompetenzen voraus. Die Objekte der Baukultur als Lernorte im Unterricht erlauben und fördern den Zuwachs an Fachkompetenz der Schüler und Schülerinnen im Kontext Architektur. Durch ihre Konkretheit wird erreicht, dass Fachkompetenz sich an realen Situationen zeigen und entwickeln kann. Gleichzeitig erweitert sich dadurch das Wissen der Heranwachsenden im Bereich der gebauten Umwelt, eine notwendige Voraussetzung für die sachorientierte Reflexion und Bewertung von Projekten und wird damit als Kennzeichen von Bildungsreife deutlich erkennbar.

## 2 Fachbezogenes Gesamtkonzept für die Jahrgänge 5/6, 7/8, 9/10 sowie für die gymnasiale Oberstufe

In den nachfolgenden Modulen (siehe Abschnitt 4) wird an Beispielen aus der Architektur deren Vernetzung mit der Mathematik und den Naturwissenschaften aufgezeigt und auf den wichtigen fächerverbindenden Unterricht auch mit anderen Fachgebieten über Mathematik und Naturwissenschaften hinaus hingewiesen. Konkrete Hinweise erleichtern die Entscheidung für den Einsatz im Unterricht, und die Lehrkräfte sind aufgefordert, die beschriebenen Module, angepasst an die jeweils vorgefundene Unterrichts- und Lernsituation, zu erproben. Modifikationen oder Transfer der aufgelisteten Methoden auf andere, selbst ausgewählte Objekte sind möglich, sinnvoll und wünschenswert. In den Lehrbüchern und in der Unterrichtspraxis reichen die aufgezeigten Bezüge zur Umwelt häufig leider nur für eine Einstiegsmotivation, und sehr schnell wird dann der fachliche Lehrsatz oder die Laborsituation direkt angesteuert. Dies sollte vermieden werden, denn dadurch wird das fachdidaktische Prinzip, den gesamten Lernprozess möglichst eng mit der Realität zu verknüpfen, nicht wirklich verfolgt.

Für die Fachlehrerin und den Fachlehrer ist sein gewähltes und studiertes Fach Motivation genug, um mit Freude und Interesse fachspezifische Fragen zu verfolgen. Beim Lernenden jedoch sind Freude und Interesse am Lerninhalt erst noch zu wecken, um den Lernprozess erfolgreich zu fördern. Die Inhalte der motivierenden Einstiegssituation müssen eine wiederholte Verklammerung zum Fach zu unterschiedlichen Zeiten und auf unterschiedlichen Anforderungsniveaus erlauben.

Alle aufgeführten Module lassen sich in Teilbereiche einordnen, die je nach Alter und Vorwissen der Lernenden in den Jahrgangsstufen, mit unterschiedlichen Methoden eingebracht werden können, um die Kompetenzförderung zu ermöglichen. Zum Teil sind in den Darstellungen beispielhaft Schwerpunkte für Doppeljahrgänge herausgestellt. Die Inhalte der Module können sowohl in begrenzten Paketen als 2–3-stündige Unterrichtseinheiten eingesetzt als auch in längeren Projektphasen eingeplant werden. Ebenso bieten die Module Anregungen für individuelle Facharbeiten oder Gruppenarbeiten. Auch die von der Lernpsychologie für den Lernzuwachs als bedeutsam bewerteten "Andockphasen" an frühere Lernprozesse sind leicht umsetzbar, wenn der "Andockplatz" angelegt wurde. Hierbei ist die Professionalität der Lehrergruppe einer Schule wichtig, besonders in der Abstimmung der Unterrichtsprogramme, das heißt der Entwicklung von Schularbeitsplänen, um eine Gesamtentwicklung des Schülers oder der Schülerin zu sehen, obwohl die einzelne Lehrerin bzw. der einzelne Lehrer nur phasenweise direkt beteiligt ist.

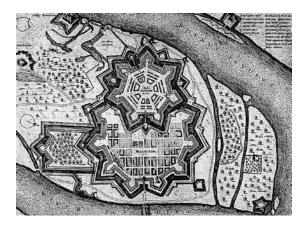
Die Darstellung der Module berücksichtigt auch die Notwendigkeit, den Lehrkräften den Paradigmenwechsel von der bzw. dem sich sehr stark an der Instruktion als Lehrmethode orientierenden Lehrerin bzw. Lehrer zum sich "öffnenden" aufzuzeigen, mit der notwendigen Mischung aus Konstruktion und Instruktion. Unterrichtsbeobachtungen im Zusammenhang mit PISA 2003 belegen eine zeitmäßig zu große Präsenz der instruktiven Unterrichtsphasen im mathematischnaturwissenschaftlichen Unterricht. Dies ist einerseits erklärbar mit der Tradition dieser Fächer, in beiden Fachbereichen waren früher geringere Vorkenntnisse vorhanden, auf denen aufgebaut werden konnte, andererseits hat sich heute durch die Informationsflut auch bezüglich mathematischer und naturwissenschaftlicher Inhalte die Situation wesentlich verändert. Darauf kann bezie-

hungsweise müssen die Lehrerin und der Lehrer im heutigen Unterricht zurückgreifen und konstruktionistische Lernprozesse umfangreicher einplanen. Dann gewinnt in der Unterrichtspraxis das Herausarbeiten und Befestigen des wesentlichen Grundwissenskatalogs bei der Schülerin bzw. beim Schüler an Bedeutung. Damit können und müssen wesentliche Teile des "heute Erlernten" als "Grundwissen für morgen" gesichert werden. Dies ist ein wesentlicher, mühevoller aber lohnender Schritt beim Lernen im Kontext der Architektur, die nicht nur als interessantes Phänomen bestaunt werden darf.

#### 2.1 Mathematik

Wesentlich für die Mathematikwissenschaft sind unter anderem das Beobachten, Erkennen, Verstehen und Gestalten von Mustern. <sup>43</sup> Die geometrischen Muster, z.B. im Fußbodenparkett des Wohnzimmers oder in den "Wabenhäusern" der Bienen sind sofort erkennbar, aber auch in nichtgeometrischen Strukturen sind wiederkehrende Abläufe, also Muster erfahrbar, beispielsweise bei den logisch aufgebauten Argumentationsketten der Beweise. Geometrische Muster findet man auch in Stadtstrukturen wie der "Quadratestadt" Mannheim (siehe Abbildung 1 und 2) oder in Wohnanlagen wie in Reihenhaussiedlungen. Eine Betrachtung dieser umgesetzten Planungen bringt unter anderem mathematische Abbildungen wie Translationen, Rotationen und Spiegelungen in das Bewusstsein des Betrachters.

Die Objekte der Baukultur bieten bei einem Blick durch die "mathematische Brille" viele gegenständliche Anlässe, diese Muster und Strukturen zu erkennen, sei es ein Dom (siehe Abbildung 3), der als dreidimensionales Puzzle von geometrischen Körpern modelliert wird oder sei es der Blick auf eine Brücke, die den Graphen einer Funktion frei gibt (siehe Abbildung 8, Seite 68). In beiden Fällen kann der mathematische Kern, hier Volumen, Fläche oder Winkel – dort Funktionsverhalten und Steigungen, im Modell herausgearbeitet und in die Realität zurückübersetzt, geprüft und erneut angepasst werden. Der Kreislauf des mathematischen Modellierens wird erfahrbar.





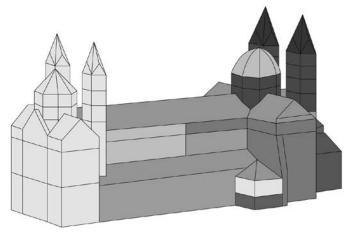


Abbildung 1 Mannheim mit Festung Friedrichsburg, 1622, Matthaeus Merian, Geschichte der Stadt Mannheim, Bd. 1, U. Nieß und M. Caroli (Hrsg.), Verlag Regionalkultur, 2007, S. 35, (Original im Besitz des Stadtarchivs Mannheim)

Abbildung 2 Luftbildaufnahme, 21. Sept. 2009 oder aktueller Stadtplanausschnitt: http://www.mapserver.lu/googlemaps/gmap.php?xmin=8.43661472084&ymin=49.

48007712&xmax=8.48635299265&ymax=49.495780623 bzw. http://www.gis-mannheim.de/mapserver\_mann/





ng 4a und b Ist Knet schwerer als Wasser? http://www.physik.uni-kassel.de/ did/as/Schiff.htm

In der Analyse nach den Diskussionen um die Ergebnisse von PISA zeigte sich im Fach Mathematik eine leicht überdurchschnittliche Kompetenz der deutschen Schülerinnen und Schüler im Umgang mit Termgleichungen, so lange diese ohne Anknüpfungen an reale Probleme zu lösen waren. Im Rahmen des SINUS-Projekts<sup>44</sup> und anderer Maßnahmen zur Unterrichtsentwicklung wurden mit dem Öffnen von Aufgabenstellungen bereits erste erfolgreiche Schritte unternommen, um im Unterricht Problemlösestrategien verstärkt zu erarbeiten. Dabei wird auch zu individuellen Lösungsideen ermuntert. Sie werden zugelassen, akzeptiert und das Bewusstsein für die Richtigkeit auch von Näherungsberechnungen geweckt, deren Abschätzung und Verbesserungen in den Modellierungskreislauf münden. Gerade hier öffnet sich auch ein Arbeitsterrain für "Baukultur – gebaute Umwelt". Die Erfahrungen der SINUS-(Modell-) Schulen werden zur Zeit im zugehörigen Nachfolgeprojekt SINUS-Transfer von weiteren Schulen wahrgenommen, für die jeweilige eigene Schulsituation angepasst und übertragen. Hier könnten die vorgestellten Module gut eingeordnet werden.

#### 2.2 **Naturwissenschaften**

Im Vordergrund des naturwissenschaftlichen Unterrichts stehen der (natürlich) ablaufende Vorgang und das konkret (künstlich, labororientiert) geplante Experiment. Einerseits werden die Beobachtungen, Dokumentationen und Auswertungen sowie die Ergebnisfeststellung in einer Hypothese zusammengefasst, andererseits die Experimente erst nach den Beobachtungen "natürlicher" Vorgänge - zu einem Modell passend - entworfen und als Hypothesentest durchgeführt. Als historisch interessantes Beispiele können die Entwicklung der Newtonschen Mechanik oder die Vererbungslehre von Gregor Johann Mendel dienen. Beide Theorien wurden nie als abgeschlossen betrachtet, sondern waren Grundlagen für die Weiterentwicklungen zur Quantenmechanik beziehungsweise zur Genetik. Experimente - auch die einfachen so genannten Handexperimente wie z. B. das Schwimmen oder Sinken von Knetformen im Wasser (siehe Abbildung 4) – fördern das Aneignen von Fachwissen und den Aufbau der Kompetenz, naturwissenschaftliche Sachverhalte in vielfältigen Kontexten zu erkennen und auf andere zu übertragen. Voraussetzung ist die fachtheoretische Auseinandersetzung mit dem Aufbau und den Beobachtungen der Experimente. Die Module schaffen über das Phänomenologische hinaus einen Anreiz für gezielte Beobachtungen, Entdeckungen und Erklärungsversuche oder stoßen Experimente an, die zu entwickelten Modellen passen und im Modellierungskreislauf verbessert werden.

Damit ein hierfür notwendiger Austausch von Informationen über einen Sachverhalt möglich wird, sind Fachsprache und Fachwissen im jeweiligen Kontext zu erarbeiten, zu präzisieren und zu festigen. Erlebte Experimente erlauben die Überprüfung und die intellektuelle Auseinandersetzung mit entwickelten Theorien. Damit werden der Erkenntnisgewinn sowie die Kompetenz der Modellentwicklung gefördert und die begründete Bewertung erst ermöglicht. Um z. B. die Entscheidung zwischen Holz, Beton oder Ziegelstein als Baumaterial treffen zu können, müssen deren Eigenschaften bekannt sein und gegeneinander abgewogen werden können. Obwohl die drei Naturwissenschaften häufig gemeinsam auftreten, hat jede ihren eigenen Wirkungsbereich und kann in den Modulen als "Leitfach" auftreten. In einigen Bundesländern wie z.B. Rheinland-Pfalz

43 Vgl. Richter, Jürgen; Kortenkamp, Ulrich: Symmetrie und Ornamente. Die Macht und die Kunst, aleiche Dinae zu erschaffen, in: Zusammenspiel: Mathematik und Architektur http://www.mathematik.de/ger/ information/ueberallmathe/ architektur/architektur.html (26.10.2009) 44 SINUS: Steigerung der Effizienz des mathematisch-

naturwissenschaftlichen

Unterrichts, 1998; bundesweit angestoßen nach der Ver-

öffentlichung der Ergebnisse

der ersten TIMSS-Studie 1995

63

ist für die Sekundarstufe I die Trennung in drei naturwissenschaftliche Fächer nicht mehr durchgängig gegeben. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die fachspezifischen Kompetenzen für Biologie, Chemie und Physik oder die Inhalte an denen die Kompetenzentwicklungen gefördert werden identisch sind oder sein müssen. Die Gemeinsamkeiten der drei naturwissenschaftlichen Fächer spiegeln sich in den gleichen, in den Bildungsstandards Naturwissenschaften beschriebenen inhalts- bzw. handlungsbezogenen Kompetenzbereichen wider: Fachwissen, Erkenntnisgewinn, Kommunikation und Bewertung. Diese Bereiche werden dann, jeweils vom Fach abhängig, unterschiedlich bestückt bzw. präzisiert.

Die Entwicklung dieser unterschiedlichen Fachkompetenzen ist ein kumulativer, kontextbezogener Lernprozess, der zum Teil für alle drei naturwissenschaftlichen Fächer auf gleichen Themenfeldern stattfinden kann. Falls dies fachlich, sachlich und methodisch möglich ist, sollte die Unterrichtsplanung diesen Zusammenhang aus lernpsychologischen Gründen adäquat berücksichtigen. Hierdurch werden die inhaltlichen und methodischen Bezüge innerhalb des Fachbereichs Naturwissenschaften für die Lernenden erkennbar, ohne dass das fachspezifische Basiskonzept verwischt wird.

Die Module 4 bis 6 mit dem Schwerpunkt Naturwissenschaften sind so ausgewählt, dass sie diesem Anspruch gerecht werden. Am Beispiel des schwimmenden Wohnhauses (Modul 4, Abbildung 5) wird deutlich erkennbar, dass biologische Fragen, wie die Beschattung des Gewässers oder chemische Fragen, wie die Reaktionen zwischen Wasser und Außenhaut des Hauses, sofort gestellt werden und in Ruhe präzisiert und beantwortet werden müssen. Der Schwerpunkt kann auf das Fach Physik und dort auf die Mechanik und Wärmelehre gelegt werden, z.B. mit Fragen wie die nach der Stabilität der Lage trotz der notwendigen Beweglichkeit oder die Auftriebssicherheit des Wohnhauses bei variablem Volumen und variabler Masse, aber auch den Schutz des Wassers vor Erwärmung durch das Haus. Beim Energiesparhaus (Modul 5) kann der Schwerpunkt auf die kennzeichnenden Größen der Umweltbelastung gesetzt werden, über den CO2-Kreislauf hinaus, der häufig als einziger, isolierter Aspekt in den Fokus gerückt und der Chemie zugeordnet wird. Bei dieser Fokussierung darf das Gesamtbild nicht verloren gehen. Energiesparbilanzen beginnen nicht erst bei der Fertigstellung eines Neu- oder Umbaus. Die gesamte Energiebilanz von der Bereitstellung des Materials bis zu dessen Einbau muss ebenso Berücksichtigung finden, wie die Wirkungen des Materials und der Technik auf das Wohlbefinden und die Gesundheit des Bewohners bzw. des Nutzers. Das Baumaterial lebendes Holz (Modul 6) lässt die mögliche Schwerpunktsetzung auf Biologie direkt erkennen, aber auch das chemischen Reaktionsprozessen genügende, technische Baumaterial Beton kann in den Vordergrund der Arbeit mit dem Modul 6 gestellt werden.

## 3 Begründung von Auswahl und Schwerpunkten der Module insgesamt – Darlegung der fachlichen und methodischen Konzeption sowie der Progression

Die eigene Wohnung ist für Kinder die erste – bewusst erfahrene – gebaute und gestaltete Welt (siehe auch die Module im Kapitel I Grundschule). Sie eignet sich sehr gut zur Lernmotivation der Kinder und sollte als deren Forschungslandschaft genutzt werden. Diese Erfahrungswelt ist voll von geometrischen Formen und Figuren, durch die Norm bedingt meistens mit rechten Winkeln. Dreieck, Rechteck, Quadrat, Quader, mit ihren gut mess- und kalkulierbaren kennzeichnenden Größen Seitenlängen, Umfang, Volumen sind dominant vertreten. Neben diesen mathematischen Modellen sind die naturwissenschaftlichen Größen ebenso gut präsent und erfahrbar. Wärme, Energie, Wachstum, Wechselwirkungen z. B. bei Verwendung von Waschmittel und Veränderungen (Reaktionen) von Materialien sind gegenwärtig, z. B. beim Kupferdach oder der neu eingebauten Regenablaufrinne, wenn Kupfer auf Zink stößt. Der Heranwachsende erfährt die Vergrößerung und die Vielfältigkeit dieses durch Schule, Sport und Freizeit zunehmenden Umfeldes. Dabei werden nicht nur die Längen und Flächen größer sondern auch die Progression der unterschiedlichen Formen. Die Abbildungen der realen Welt in die Zwei- und Dreidimensionalität und deren Umkehrungen werden erkennbar. Das situative Lernen ist im Lebensraum Schule und ihrer Umgebung "vor Ort" gut möglich, vorausgesetzt die Schule, der architektonische Raum, wird auch

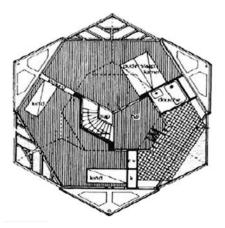
als Lernort aufgebaut und verstanden. Diese Lernumgebung wird sich dann mit der Zunahme an neuen Erfahrungen automatisch vergrößern, über Stadt und Ländergrenzen hinaus bis zu den Fragen einer weltweiten GPS-Orientierung und dadurch die kumulative Kompetenzentwicklung besonders innerhalb der Leitidee "Raum und Form" fördern.

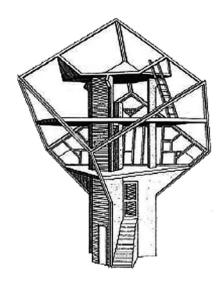
Der Bezug zur lokalen Umgebung sollte immer angestrebt werden, damit der Fachbegriff über den "begreifbaren" Gegenstand auch intellektuell verstanden wird. Das Beispielhafte der Module erlaubt die einfache Übertragbarkeit auf andere Objekte. Der Kaiserdom zu Speyer (siehe Modul 1) ist nicht transportabel, aber die in diesem Modul aufgezeigten Methoden sind übertragbar auf Bauten in anderen Regionen und anderer Umgebung. Erleichternd und förderlich ist die Einbindung des außerschulischen Umfeldes – materiell, institutionell und personell – als inhaltliche Ergänzung des architektonischen Objektes, das den umgebenden Raum immer mitgestaltet. Damit werden die Schüler- und Lehrersichtweisen ergänzt und die stets vorhandene Komplexität des Lernprozesses verdeutlicht.

Bei allen Modulen sind Rechercheaufgaben, Präsentationen und konstruktionistische Lernphasen gut möglich, aber auch Instruktions- und Wissenssicherungsphasen als notwendige Teile des gesamten Lernprozesses. Die individuelle Förderung ist nach der diagnostisch orientierten Beobachtung der Lernenden durch die Lehrkraft möglich, da eine "Atomisierung" der Förderungspraxis auf den einzelnen Schüler bzw. die Schülerin meist nicht zwingend ist. Wie bei vielen Wegen zum gleichen Gipfel gibt es auch immer wieder identische oder parallel verlaufende Pfade, die von Gruppen gemeinsam erfolgreich zurückgelegt werden können. Der Vergleich oder die Vorstellung des Tagesablaufs einer Familie im (wenig bekannten) Würfelhaus (siehe Modul 2, Abbildung 6) ist facettenreich und setzt sich aus Puzzlesteinen zusammen, deren Einzelgestaltung ebenso facettenreiche Fähigkeitsprofile erfordern. Diese gemeinsamen Phasen sind für die Förderung der sozialen Kompetenz und der Teamfähigkeit notwendig und müssen immer wieder gestaltet werden.



Abbildung 5 Wasser, Raum für neue Städte?
Bildauswahl bei http://www.artmagazin.de/architektur/
2974/aqua\_architektur\_niederlande?bid=2972&cp=1
Abbildung 6 a und b Würfel auf der Spitze. Schmidt, Günter: Architektur in: Mathematiklehren-Heft 80, 1997, Velber und Klett, S.12–15





#### 4 Die Module

#### 4.1 Modul 1: Kartographie – Wie passt die Dreidimensionalität auf die Fläche?

#### 4.1.1 Die unterrichtliche Relevanz des Moduls

Sich ein "Bild-machen" von seiner realen Umgebung oder von fiktiven Objekten war schon immer ein Wunsch, den sich die Menschen erfüllten in Höhlenmalereien, auf Ölbildern oder auch in völlig anderen Formen z. B. als Idee im Kopf. Das dreidimensionale materielle Modell wurde weniger häufig erstellt. Die Herstellung ist in der Regel technisch schwieriger und aufwändiger. Sie stapeln sich dennoch in jeder Architekturfakultät der Universitäten und Hochschulen, angefertigt von den auszubildenden Studenten, aber auch in der Praxis wird bei größeren oder neuen Projekten auf diese haptisch orientierte Phase des Umgangs mit dem realen Modell nicht verzichtet. Das virtuelle, mit CAD-Programmen (Computer Aided Design) konstruierte Modell im Computerspeicher kann das Realmodell nur bei Routineobjekten wie Standardwohnungen oder genormten Kücheneinrichtungen ersetzen. Wichtig sind das Wissen und die bewusste Wahrnehmung, dass auch diese Programme keine Dreidimensionalität liefern, sondern auf Mausdruck lediglich ein zweidimensionales Bild auf den Schirm bringen. Die Möglichkeit jedoch, von jedem gewünschten Standort aus in alle gewünschten Blickrichtungen ein Bild zu erstellen, lässt die Dreidimensionalität im Kopf entstehen.

Mathematisch handelt es sich um eine Abbildung des dreidimensionalen Raumes in die zweidimensionale Fläche, die der Eindeutigkeit genügt, in der Umkehrrichtung jedoch vom zweidimensionalen (Einzel-) Bild zum Objekt keine Eindeutigkeit mehr liefert, weil Informationen verloren gehen. Z. B. ist das Schrägbild eines Würfels im besten Falle eine "geregelte" Anordnung von zwölf Strecken in der Ebene. Der Rückschluss auf das Würfeloriginal ist ein Denkprozess aufgrund der Erfahrung und kann falsch sein (siehe Abbildung 7). Die Qualität der Rückschlüsse vom Bild auf das Objekt, z. B. beim Lesen einer Karte oder der Betrachtung eines Wärmekamera- bzw. Ultraschallbildes, ist von der Lesekompetenz des Betrachters abhängig. Das gilt auch für die Bilder der CAD-Programme.

Mit dem Aufbau dieser speziellen Lesekompetenz ist auch die Entwicklung des Wissens und Verstehens im Rahmen der Leitidee "Funktionaler Zusammenhang" eng verbunden. Die Orientierung des Lernprozesses an der Gegenständlichkeit ist bedeutsam und gut zu erfüllen, wenn Pläne von Zimmern, Wohnungen, Häuseretagen, d. h. der nahen Erfahrungswelt untersucht werden. Diese – in der Regel – Senkrechtprojektionen von oben sind dann praktisch erfahrbar und direkt nachvollziehbar, wenn die Maßstäbe nicht zu groß, d. h. die Maßstabszahlen nicht zu klein gewählt werden. Die oben dargestellte Progression der Umfeldveränderungen von der nahen Umgebung (Wohnung) bis zur Orientierungsmöglichkeit im erdnahen Weltallbereich mit Hilfe des GPS (Global Positioning System) ermöglicht neben der Förderung aller Fachkompetenzen besonders die kumulative Entwicklung der Modellierungskompetenz im Bereich der Leitidee "Raum und Form".

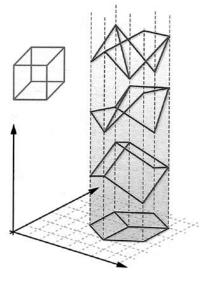


Abbildung 7 Unbewusste Auswahl.
Siefer, Werner: Im Sog der Sinne, Focus 9/2008, S.100
Die vier Objekte rechts liefern das gleiche Bild in der Projektion, können aber nicht verunsichern.

# 4.1.2 Beschreibung Modul 1 Kartographie – Wie passt die Dreidimensionalität auf die Fläche?

Modul 1	Beschreibung Inhalte / Anregungen	Umsetzungshinweise (bes.) geförderte Kompetenzen	Fächerverbindung Materialien 1 zum Fach Hinweise / Adressen / u. a.
5/6	Lageplan oder Modell der nahen Lebenswelt	erkennen und umgehen mit geom. Größen und Formen (Flächen, Körper)	DE: beobachten – beschreiben Duftbilder, eigene Digital- bilder, "google-earth", Landesvermessungsämter, Landesmedienzentren
		Eigenschaften der geom. Größen schätzen, messen und berechnen	<ul> <li>KU: technische Ausführung der Darstellungen</li> <li>J geeignete Messgeräte für Längen, Winkel, Volumen unterschiedlicher Größen</li> </ul>
	Pläne der Wohnung, der Schule als Bilder der gebauten Umwelt verstehen	) *) Maßstabsverständnis, -berechnungen, -auswahl, im Plan bewegen und diese Bewegung math. beschreiben	<ul> <li>GE/SK: Entwicklung der sozialen Lebensweisen</li> <li>Gebäudeauswahl im Hinblick auf fächerverbind. Lernen und wiederholte Nutzung für spätere Jahrgänge (weiterführende Inhalte)</li> </ul>
	Modelle nach Plänen bauen und umgekehrt	s.o.*) zeichnen – konstruieren, basteln – technisch/handwerk- liches arbeiten, beschreiben des Vorgehens und der gegenseitigen Lagen der Objekte	TE: Bautechnik, Stabilität
7/8	<ul><li>Bild-Original, Abbildungsbegriff und -eigenschaften</li></ul>	recherchieren, sammeln und katalogisieren nach geeigneten Kriterien	<ul> <li>PH: Lichtstrahl und</li> <li>Wechselwirkung</li> <li>Licht – Materie</li> </ul> Schattenbilder konkret mit Overhead
	Abhängigkeiten/ Veränderungen einer Größe und deren Folge	funktionale Zusammenhänge erkennen und beschreiben	<ul> <li>DE: Bild- und Beschreibung funktionaler Zusammenhänge</li> <li>**) Einsatz von Geometriesoftware</li> </ul>
	Ungenauigkeit und Grenzen eines realen Modells	s.o.*), mit höheren Anforderungen an Argumentation, Bewertung und Problemlöseverhalten	
			TE: bewegte Modelle, elementare Zeichnung – Vergrößerungsmaschine  Nebstoffe im Modell und im Objekt
9/10	Noordination von Karten und Luftaufnahmen, auch nicht senkrechte Projektionen	Kenngrößen math. Abbildungen herleiten und anwenden	<ul> <li>KU: Bilder mathematischer         Objekte, Friedrich Mecksieper         u. a.; Bühnenbilder entwerfen</li> <li>s. o. **), Simulation von         Luftaufnahmen platonischer         Körper</li> </ul>
	<b>Landvermessung</b>	modellieren, Modellierungs- kreislauf verstehen und Grenzen der Messmöglichkeit und -ungenauigkeit abschätzen	<ul> <li>DE: D. Kehlmann: Vermessung der Welt, Buchbesprechung</li> <li>EK: s.o.*) Land und Erdkarten, Projektionen</li> <li>prakt. Vermessung mit Theodoliten, Fachreferenten des Landesvermessungsamts und des Grundbuch-/Katasteramts einladen</li> </ul>
	Bühnenbilder und ihre Perspektiven	<ul> <li>bewusste Verstöße gegen die Abbildungsregeln erkennen (und ihre Wirkung verstehen)</li> </ul>	DE: Auswahl eines/r Theaterstückes/Oper Theaterstückes/Oper Theateraufführung, Zusammenarbeit mit der Schultheatergruppe
Sek. II	) Geodäsie	Inichteuklidische Geometrie verstehen und im Modell Globus einsetzen	<ul> <li>EK: s.o. *) N\u00e4herungs- absch\u00e4tzungen beim \u00dcbergang der gekr\u00fcmmten Erdoberfl\u00e4che zur Ebene</li> <li>Das Dreieck New York – Moskau – Kapstadt hat eine Winkelsumme &gt;180 Grad</li> </ul>
	) GPS-Orientierung	Modellierung verstehen und Genauigkeit abschätzen bzw. Fehlerfortpflanzung berechnen können	<ul> <li>PH: Wellenausbreitung, Fragen der (speziellen)</li> <li>Relativitätstheorie</li> <li>Information mit Materialien</li> <li>bei den Landesvermessungs- ämtern</li> </ul>

#### 4.2 Modul 2: Brücken – eine Brücke zwischen Mathematik und anderen kulturellen Welten

#### 4.2.1 Die unterrichtliche Relevanz des Moduls

Der Brückenbau ist ohne mathematisch-technisches Verständnis nicht möglich. Damit ist er ein Thema, das die Anwendbarkeit der Mathematik belegt, aber zu schade wäre, um nur auf die Antwortfunktion auf die häufig gestellte Schüler- und Erwachsenenfrage reduziert zu werden: Wozu brauchen wir eigentlich die Mathematik?

Die Brücke lässt sich von der Grundschule bis zur Sekundarstufe II gut in den Unterricht einbauen, mit jeweils dem Alter und Wissensstand angepassten Handlungsmöglichkeiten und daraus abgeleiteten Fragestellungen, vom Sammeln der Brückenbilder und deren Beschreibungen über die Funktionen, Baumaterialien, Form bis hin zu einem Vergleich mit der Kategorisierung von Brücken aus der Sicht der Architektur. Als Modell von Funktionsgraphen ist die Brücke ein idealer Kontext für den mathematischen Lernprozess und damit ein Beispiel, das sich über die Einstiegsmotivation hinaus gut eignet, um an diesen Objekten unterschiedliche Fachinhalte wie Funktionen, geometrische Formen und die physikalischen Eigenschaften zu verdeutlichen. Nicht vergessen darf man das Erleben und "In-Frage-Stellen" der Ästhetik von Brückenbauten.

Die historische Bedeutung beim Zusammengehen und -wachsen von Bevölkerungsgruppen, auch über die politischen und wirtschaftlichen Aspekte von Verkehrsverbindungen, erlaubt – entsprechende Planungen und Absprachen im Lehrerkollegium vorausgesetzt – ein sehr weit vernetztes Arbeiten und damit verstärkt motivierende Lernprozesse.

Das "Überbrücken" von nicht räumlich zu erfahrenen Bereichen wie Grundhaltungen und Glaubenseinstellungen bei zwischenmenschlichen Beziehungen oder zwischen Bevölkerungsgruppen zeigt den großen symbolischen Wert des Begriffs "Brücke" und damit auch deren Potential als intrinsische Motivation für Lernprozesse (siehe hierzu Kapitel II, Modul 3 und Kapitel III, Modul 6).

#### 4.2.2 Beschreibung Modul 2

Brücken – eine Brücke zwischen Mathematik und anderen kulturellen Welten (siehe Tabelle Seite 69)

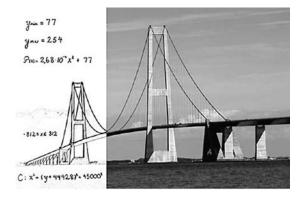


Abbildung 8 Brücke und die "mathematische Fortsetzung" http://www.mathematik.de/ger/information/wasistmathematik/bruecke.html

#### 4.3 Modul 3: Der Raum – nur ein Ort für Ereignisse?

#### 4.3.1 Die unterrichtliche Relevanz des Moduls

Der gestaltete Raum, z. B. der Konzertsaal, der Klassenraum oder auch das Kinderzimmer, ist nicht nur ein Ort an dem Ereignisse wie Liederabend, Zeugnisverteilung oder das Lesen unter der Bettdecke stattfinden. Der gleiche Raum kann individuell verschieden wahrgenommen werden, manchmal ist er auch für Gruppen imaginiert wie z. B. das Fußballstadion eines Traditionsvereins, besonders für dessen Fans. Die Aspekte Funktionalität und Wahrnehmung durch die Nutzer spielen für den Architekten eine wichtige Rolle bei der Planung von Objekten. Von der Mathe-

Modul 2	Beschreibung Inhalte / Anregungen	Umsetzungshinweise (bes.) geförderte Kompetenzen	Fächerverbindung zum Fach	Materialien/Literatur Hinweise/Adressen/u.a.
(GS) bis 5/6	Papierbrücken mit "Funktions- oder Formvorgaben" bauen und beschreiben	erkennen und umgehen mit Eigenschaften von Modellen unterschiedlicher Formen, z.B. Strecke o. Bogen	DE: beobachten- beschreiben PH/TE: Stabilisierungsmaßnahmen	http://www.explore-physics.de/ content/Erg_Papierbruecken. html (26.10.2009)
	Brückenbauen, Freigabe des Materials	) problemlösen, argumentieren, messen	KU: technische und künstl. Ausführung	Baumaterial: Papier, Spaghetti u. a.
(GS) bis Sek. II	Bilder, Beschreibung, Abschätzungen und "Berechnungen" von Brücken	<ul> <li>Photos von Brücken erstellen, sammeln</li> <li>Brücken nach Eigenschaften ordnen, disjunkte und nichtdisj.</li> <li>Katalogisierungen erstellen</li> <li>Forderungen für Kategorien</li> <li>math. Formen (Näherung) erkennen</li> </ul>	DE/GE: Filme (Romane) "Die Brücke" oder "Brücke am Kwai" (s. a. D-Modul 6, Brück als literarisches Motiv)	<ul> <li>für 5-6: möglichst Photos erstellen aus der Umgebung, für 7-Sek II: Photos mit technischen Beschreibungen im Internet recherchieren, z. B. http://www. bernd-nebel.de/bruecken/ (26.10.2009)</li> </ul>
			KU: Künstlergruppe "Die Brücke", Objekt für Zeichnungen	Verwendung des Begriffs in vielfältigen Kontexten
9/10 bis Sek.II	Brückenformen und mathematische Funktionen	) Geo-Software anwenden, Graphen von Funktionen anpassen	s.o. PH: Gesetze der Mechani anwenden	k W. Blum u. a.(Hrsg.): Bildungsstandards Math., konkret, 2006, S. 208
	) Stabilität und "Lebensdauer"	<ul> <li>modellieren und Grenzen der Messmöglichkeit und -ungenauigkeit abschätzen</li> </ul>		die Kettenlinie, s. a. http:// teacher.eduhi.at/alindner/ Dyn_Geometrie/kettenlinie/ (26.10.2009)
				Ralf Bülow: Spektrum der Wissenschaft-Spezial, 2/08, S. 39
				Günter Schmidt: Aufgaben zu Brücken in Mathematik lehren, Architektur, Velbrand Klett, Heft 80, 1997, S. 67

matik wird die geometrische Beschreibung des Raumes, die Berechnung von technischen Größen erwartet. Eine Erwartung, die selbstverständlich im Mathematikunterricht erfüllt, aber auch ergänzt werden muss durch die affektive Dimension, die dem Lernenden den Zugang zum Objekt erleichtert und zur Arbeit mit dem Objekt motiviert.

Die technischen, berechneten Details werden nach Fertigstellung der Objekte häufig im Aktenschrank abgelegt und bei Bedarf sind sie dort auch auffindbar. In den Köpfen und damit maßgebend für das Wirken mathematischer Ideen bleiben das Wissen um die Berechenbarkeit und die Wahrnehmung der Größenverhältnissen, deren optische Harmonie vergleichbar ist zu der musikalischen und sich im Zahlenverhältnis, z. B. des Goldenen Schnitts, beschreiben lässt. Die Proportionen von Räumen können auch bewusst "bedrückend" gewählt werden wie im Beispiel des Jüdischen Museums in Berlin (Architekt Daniel Libeskind).

Hier muss auf die Notwendigkeit des – zumindest partiellen – fächerverbindenden Unterrichtens hingewiesen werden. Der Besuch des noch leeren jüdischen Museums in der Zeit nach der architektonischen Fertigstellung war für viele Besucher so beeindruckend, dass gefordert wurde, das Museum nicht mit weiteren Ausstellungsobjekten zu füllen, also sich auf die Wirkung nichtparalleler, gegenüber liegender und aufeinander zulaufender Raumwände zu verlassen. Die Suche nach den Verstößen gegen die Normen der geregelten Bauweise und der Versuch, diese auch mathematisch zu beschreiben, fördert gedankliche Parallelen zum Umgang mit einer durchaus

Modul 3	Beschreibung Inhalte / Anregungen	Umsetzungshinweise (bes.) geförderte Kompetenzen	Fächerverbindung zum Fach	Materialien / Literatur Hinweise / Adressen / u. a.
5/6	Modelle bauen (individuelle "Schülerwohnung" im Schuhkarton und das auf die Spitze gedrehte Würfelhaus)	geom. Formen erkennen und deren Eigenschaften beschreiben	<ul> <li>DE: beobachten – beschreiben, den Konstruktionsprozess und das fertige Produkt</li> <li>TE: Stabilisierungsmaßnahmer finden, erkennen und begründen</li> </ul>	Kubuswoningen.JPG und
	Vergleich der beiden Wohnungen; Nutz- und Wohnflächen unterscheiden	<ul> <li>Raumvolumen und begehbare Flächen bestimmen bzw. berechnen</li> <li>Funktion von Normen erkennen</li> <li>Problemlösen</li> <li>Argumentieren</li> <li>Messen mit Ungenauigkeits- abschätzungen</li> <li>Proportionen maßstabsgerecht wiedergeben</li> </ul>	) KU: technische und künstl. Ausführung	Baumaterial: Papier unterschiedlicher "Stärken"; Dokumentation von Bewegungen im Raum als "Kurven", Nutzung der gesamten Fläche bis in die Ecken
7/8	Volumen- und Flächengrößen und deren gegenseitige Abhängigkeiten bzw. bestimmenden Größen untersuchen	<ul> <li>Zerlegen von Gebäuden, auch historischen wie Schlösser, Kirchen, in bekannte geometrische Formen</li> <li>Modellieren mit Näherungs- bestimmungen</li> </ul>	<ul> <li>) KU: Stilkunde anhand historischer Gebäude aus der Umgebung</li> <li>) GE: Die Zeit der Gründung und Gründe späterer Änderungen</li> </ul>	Schanz (Hrsg.) u. a.: Kaiserdom zu Speyer, 2006, Progressdruck GmbH, Luftbild und Zerlegung
9/10	Nenngrößen wie Nutz- und Wohnflächen; einzelne schülerrelevante Bestimmungen aus Baurichtlinien für Schulen zusammenstellen	<ul> <li>Recherchieren und kommunizieren</li> <li>Geo-Software anwenden</li> <li>Modelle digital visualisieren mit Gestaltungspotential, d. h. funktionalen Abhängigkeiten von Parametern erkennbar machen</li> </ul>	<ul> <li>PH: Gesetze der Mechanik anwenden; Energieaufwand         <ul> <li>thermisches Wohlbefinden und Messergebnisse</li> </ul> </li> </ul>	Thema Energieausweis von Häusern http:// www.diearchitekten. org/?id=Seite2340 (26.10.2009) J-D-Programme wie "Cabri 3D" oder "Archimedes Geo 3D" o.Ä. mit unterschiedlichen Qualitäten einsetzen (die beiden genannten sind in Testversionen erhältlich)
Sek. II	eigene futuristische Modelle erstellen und deren Akzeptanz in und außerhalb des Schulumfeldes überprüfen	<ul> <li>Modelle entwickeln und kommunizieren</li> <li>mit 3D-Software umgehen</li> <li>die math. Werkzeuge Vektoralgebra, Analysis und Wahrscheinlichkeitsrechnung anwenden</li> </ul>	) mit allen Fächern: es gilt fachtechnische, ästhetische und soziale Aspekte zu berücksichtigen	siehe Hinweis unter 9/10; Zusammenhänge zu den Modulen 5 und 6; Hinweis zu Testmethoden s. a. Modul 4
für alle	Projekttag(e): Wohnen einmal anders. "Unser Dom bereichert unseren Schulalltag" (o. a. kulturell bedeutendes, gestaltetes Objekt der Umgebung)		) mit allen Fächern	s.a. die anderen Module



heterogenen jüdischen Gemeinschaft und Kultur. Auch kulturell und historisch bedeutsame Bauwerke – sowohl kirchliche als auch säkulare, wie z. B. der Kaiserdom in Speyer, sind hervorragend geeignet fachorientiertes und fächerverbindendes Lernen anzustoßen und zu begleiten.

Das Überschreiten der engen fachorientierten Grenzen, das in allen Rahmenlehrplänen gefordert wird, das situierte Lernen in Lernumgebungen (man beachte die Begrifflichkeit) und in unterschiedlichen Kontexten – gerade auch der Architektur mit ihren vielfältigen Raumerfahrungen – fördert die Kompetenzentwicklung durch den Aufbau eines affektiven Bezugs zur Mathematik. Dieser Entwicklungsprozess, unterstützt durch die Fächerverbindung, setzt selbstverständlich die im Vorfeld erworbenen und gesicherten Fachkompetenzen in den einzelnen Fächern voraus. Erst dann ist auch die Förderung der Entwicklung von Fachkompetenzen in den Disziplinen übergreifenden Lernumgebungen gezielt möglich.

Ausgehend von den Raumerfahrungen im Zusammenhang mit den nahe liegenden Lebensräumen Zimmer – Wohnung – Schule – Stadtteil wird in diesem Modul ein "schräges Baukonzept" zur Grundlage gemacht, das durch seine Außergewöhnlichkeit besticht: das auf eine Spitze gedrehte Würfelhaus (siehe Abbildungen 6 und 9) oder der Wohnbaum des holländischen Architekten Piet Blom (1934–1999). Eine Anschlussmöglichkeit an das Baumhaus im Grundschulunterricht – ob von Pippi Langstrumpf oder anderen bewohnt und entwickelt – ist dabei nicht notwendig, lernpsychologisch jedoch sehr hilfreich.

Das Außergewöhnliche lässt sich jedoch mit gewöhnlichen, dem Entwicklungsstand der Schülerinnen und Schüler angepassten mathematischen Methoden von der Jahrgangsstufe 5 bis zur Sekundarstufe II beschreiben und kompetenzfördernd untersuchen, insbesondere im Hinblick auf Raumvorstellung und Verständnis geometrischer Zusammenhänge. Andere Aspekte wie die Diskussion um nicht normierten Lebensraum oder von Individualismus kontra Anpassung zeigen Verbindungsmöglichkeiten zu anderen Fächern auf und beleuchten die Notwendigkeit, die Problemlösekompetenz zu fördern.

4.3.2 Beschreibung Modul 3

Der Raum – nur ein Ort für Ereignisse?

(siehe Tabelle Seite 70)

#### 4.4 Modul 4: Der Keller im Wasser – Schwimmende Häuser, Anpassung an die Umweltveränderung

#### 4.4.1 Die unterrichtliche Relevanz des Moduls

Hatte man vor Jahrhunderten bei einer vorhandenen Nahrungsfülle das Fang-, Finde- und Jagdproblem, so besteht heute weltweit betrachtet eher ein Verteilungsproblem bei Nahrungsmitteln. Eine Verbesserung dieser Situation ist auch nicht zu erwarten, wenn – wie Schätzungen erwarten lassen – vom Jahr 2025 an erstmals zwei Drittel der Weltbevölkerung in Städten leben wird,

Abbildung 10 Wohnen am See vor ca. 5.000 Jahren http://www.pfahlbauten.de/museum/ steinzeit-arbonhaushornstaadhaus.html



davon viele in Megastädten mit bis zu 100.000 Menschen pro Quadratkilometer (zum Vergleich: Frankfurt am Main hat heute ca. 2.700 pro km² und 2008 hat weltweit die Stadtbevölkerung erstmalig einen Anteil von 50% überstiegen). Die Erfassung und Prognostizierung dieser Zahlen erfordert mathematisch-naturwissenschaftliche Kenntnisse und Kompetenzen, die auch für eine sachgerechte Diskussion und Umgang mit den Daten notwendig sind.

So können die Grundlagen und "Hochrechnungen" in globalen Klimamodellen nur akzeptiert werden, wenn das Grundverständnis für die Fragestellungen vorhanden ist. "Wasser ist Leben" wird niemand bestreiten, über die Folgen einer Erderwärmung bestehen eher unterschiedliche Vorstellungen. Besiedelungsmaßnahmen wurden in früheren Jahrtausenden oder Jahrhunderten meistens mit dem Bau von Schutzhütten und damit Lebensräumen an Ufern von Seen, Flüssen und an Küsten gestartet. Dies war und ist sinnvoll, wenn die damit verbundenen Gefahren "berechenbar" sind.

Die Pfahlbauten in Unteruhldingen am Bodensee (siehe Abbildung 10), errichtet vor ca. 5.000 Jahren, waren eine Lösung gegen das mit Sicherheit, aber in unregelmäßigen Abständen auftretende Hochwasser. Damit konnte die Ernährung vom Land in Ufernähe und aus dem See gesichert werden. Daneben gab es noch weitere Vorteile gegenüber reinen Landlagen oder an kleinen Wasserläufen z. B. die Transportmöglichkeiten auf den Wasseroberflächen. Die Bauten auf Pfählen, eine bautechnische Meisterleistung für die frühe Stein- und Bronzezeit, war und ist auch heute noch eine Lösung. Die Anpassung des gebauten Lebensraumes an die Natur ist notwendig und sinnvoll und in der Praxis auch die Regel. Dabei suggerieren die technischen Entwicklungen, dass bautechnisch fast alles machbar sei und damit die vermeintliche Unabhängigkeit der Lebensräume von der vorgefundenen Natur, z. B. das mehr als 1 km hohe Gebäude im Wüstensand oder schwimmende Megastädte auf Meeren.

Die Möglichkeit, neue Lebensräume zu schaffen, in Landschaften, die in früheren Jahrhunderten unzugänglich oder ungeeignet waren, wie z.B. die Wasserflächen von Seen und Meeren, ist eine Chance, dem Zuwachs an Wohn- und Lebensfläche für die zunehmende Erdbevölkerung zumindest in kleinem Umfang zu begegnen. Immerhin bedecken die Wasserflächen von Seen und Meeren mehr als zwei Drittel der Erdoberfläche. Einzelne Schiffe und Boote, die man ursprünglich nur für den Transport von Materialien oder zum Fischfang benutzte, wurden bereits früher zu Haus- und Wohnbooten umgebaut. Zahlenmäßig waren diese Hausboote eher von geringer Bedeutung. Projekte wie die "schwimmende Stadt" vor den Toren Amsterdams mit ca. 60.000 Menschen in schwimmenden Häusern, alle mit Standard- bis Luxuswohnkomfort ausgestattet, können zukunftsweisende Modelle werden (zurzeit schwimmen auf den Grachten Amsterdams 2.500 Hausboote mit ca. 8.000 Menschen an Bord und der geforderten Grundausstattung für Gas-, Wasser- und Abwasseranschlüsse).

Die Gestaltung dieser Lebensräume erfordert – neben den vorrangig technischen Aspekten – aber auch die Entwicklung und Analyse von Modellen nach biologischen und sozialverträglichen Gesichtspunkten. Die Berücksichtigung der Umweltbedingungen bei der Auswahl, Planung und Schaffung von Lebensraum ist ein wichtiger Aspekt für die Arbeit des Architekten. Zur Bewältigung dieser Aufgabe stehen inzwischen ausgereifte technische Hilfsmittel wie "schwimmender Beton" zur Verfügung, allerdings müssen auch Wirtschaftlichkeit und Finanzierbarkeit betrachtet werden. Die "Schwimmenden Slums" im asiatischen Raum wachsen zurzeit schneller, als dass sie auch nur rechnerisch durch schwimmende Stadtgebiete im europäischen oder arabischen Raum ausgeglichen werden können.

#### 4.4.2 Beschreibung Modul 4

Der Keller im Wasser – Schwimmende Häuser, Anpassung an die Umweltveränderung (siehe Tabelle Seite 74/75)

#### 4.5 Modul 5: Das Energiesparhaus – Reaktion auf die Endlichkeit der Primärenergie

#### 4.5.1 Die unterrichtliche Relevanz des Moduls

Der Energiebegriff ist bei den Naturwissenschaften klar definiert, das Energiesparhaus bleibt trotz der häufigen Verwendung ein Begriff ohne präzise Kennzeichnungen. Eine genaue Beschreibung der Kriterien ist notwendig, ebenso für die Niedrig- und Null-Energiehäuser, das Passiv-Haus oder das Plus-Energiehaus. Hier wird die Bedeutung der Fachsprache im jeweiligen Kontext sichtbar. Inhaltlich ergeben sich bei der Frage nach Einsparung von Energie Anknüpfungspunkte für alle drei Naturwissenschaften und die Mathematik. Die Aufteilung der Gesamtenergie in die Nutzsparten wie Raumwärme, Warmwasser, Licht u. a. erfordert mathematisches und naturwissenschaftliches Grundwissen. Dies ist auch notwendig für das Verständnis der Zusammenhänge zwischen einer Energiegesamtbilanz einer Gesellschaft und den Eigenbedarfe. Die Wärmedämmstoffplatten reduzieren nicht nur den Energiebedarf seit Einbau sondern haben bei der Herstellung bereits Energie genutzt, möglicherweise mehr als sie einsparen werden. Neuentwicklungen sehen eine zusätzliche Funktion der Energiespeicherung im Dämmmaterial vor. Im Kontext dieser Dämmwirkung und Energiespeicherung sind die mathematisch-naturwissenschaftlichen Kompetenzen gefordert, deren Entwicklung bei Schülern und Schülerinnen gefördert werden kann.

Die staatlichen Unterstützungsmaßnahmen für energieeffiziente Gebäude und die Preissteigerungen für die Energienutzung erhöhen den Druck auf die Haus- und Bauwirtschaft, die neu entwickelten und überprüfbaren Kriterien zu erfüllen, insbesondere den "Energieverbrauch" pro Flächen- bzw. Volumeneinheit und Jahr. Auch wenn die Definitionen für die unterschiedlichen Formen des energieeffizienten Gebäudes nicht im Sinn der Mathematik bzw. der Naturwissenschaften eindeutig sind, müssen die Kriterien für die Berechnungen von zertifizierenden Stellen, die einen Prüfpass ausgeben dürfen, nachvollziehbar und überprüfbar sein. Es lohnt diese Prüfverfahren zum Anlass einer "mathematisch-naturwissenschaftlichen Untersuchung" mit den Mitteln der Schule zu machen. Darüber hinaus müssen auch die Aspekte des physischen und psychischen Wohlbefindens der Nutzer gesehen und bewertet werden. Die Subjektivität dieser Bewertungen, die in der Regel nicht die Messkriterien der Naturwissenschaftler erfüllen, darf nicht zur generellen Ablehnung führen. Die Nachhaltigkeit der Wirkungen aller entsprechenden Maßnahmen muss technisch erklärt und begründet abgeschätzt werden können, ebenso die positive Wirkung im Hinblick auf gestalterische Harmonie und Ästhetik. Das Zusammenspiel von Baumaterialien, technischen Konzepten und Umgebungsfaktoren muss langfristig ein generelles Wohlbefinden wahrscheinlich werden lassen. Der Nachhaltigkeitsbegriff ist hier treffend zu erfahren.

Hatten Baumaterialien früher nur eine Funktion, z.B. war Glas zunächst nur ein 'durchsichtiger Stein' in der Außenwand, der den Lichteinfall erlaubt, so haben heute Fenster zusätzliche Funktionen wie Wärmedämmung oder Lichtumlenkung bzw. Streuung. Fassaden von Gebäuden (lat. facies – Angesicht) hatten früher nur gestalterische Funktion, sie bildeten das Gesicht eines

Modul 4	Beschreibung Inhalte/Anregungen	Umsetzungshinweise (bes.) geförderte Kompetenzen	Fächerverbindung zum Fach	Materialien Hinweise / Adressen / u. a.
5/6 und 7/8	) Siedlungsgemeinschaft um Pfahlbauten (Bronzezeit) als realen oder virtuellen Lebensraum untersuchen	Rahmenbedingungen erkennen, vergleichen, sach- und fachbezogen kommunizieren (BI)	<ul> <li>DE: beobachten – beschreiben der Anlage und der Möglichkeiten der damaligen Siedlungsgemeinschaft</li> <li>TE: Modell bauen, Stabilisierungselemente erkennen und umsetzen</li> <li>KU: Pfahlbauten künstlerisch darstellen (Wiedergabe je nach Technik)</li> </ul>	<ul> <li>Homepage: http://www. pfahlbauten.de/infos/ lehrer-schulen-paedagogische- angebote.html (26.10.2009) (allgemeine Information)</li> <li>analogen Ort mit entsprechenden Möglichkeiten in der eigenen Umgebung suchen</li> </ul>
		Lebensbedingungen im Kontext des Modells erkennen und mit den heutigen vergleichen (BI)		http://www.swr.de/steinzeit/html/ Fischen_mit_Netz.html (Dokumentarspiel-Videomitschnitt) (26.10.2009)
		<ul> <li>Verhalten der Familienmitglieder (Modellfamilie) nach Kriterien beobachten</li> <li>Tagesprotokoll für einzelne Personen schreiben</li> <li>Verhalten einschätzen (BI)</li> </ul>	DS: analoge Situation nachspielen oder neu entwickeln, verfremden	
	) Material und Handwerks- zeug der Bronzezeit "zusammentragen"	<ul> <li>Eigenschaften, Nutzung erkennen</li> <li>Beispiele praktisch herstellen bzw. einsetzen (BI/CH)</li> </ul>		
9/10	Amphibienhäuser und andere schwimmende bauliche Objekte untersuchen	<ul> <li>Objekte recherchieren</li> <li>Objekte nach Merkmalen ordnen</li> <li>Auftriebsfunktion erkennen, beschreiben</li> <li>Grenzen der Nutzung einschätzen (PH)</li> </ul>	<ul> <li>KU: Gegenstand künstlerisch wiedergeben</li> <li>MA/EK: Statistiken und Prognosen zu Erdbevölkerung und Klimaveränderung verstehen und vergleichen</li> </ul>	<ul> <li>Beitrag zu Amphibienprojekte im Kunstmagazin: http://www. art-magazin.de/architektur/2972/ aqua_architektur_niederlande</li> <li>Internationale Bauausstellung 2013 in HH, s. u. http://www.iba- hamburg.de/de/01_entwuerfe/6_ projekte/projekte_waterhouses.php (26.10.2009)</li> </ul>
		<ul> <li>Auftrieb erfahren und einfache Berechnungen durchführen</li> <li>Schwimmen – Schweben – Sinken von Körpern in Materie verstehen und beschreiben (PH)</li> </ul>		schwimmende Häuser des holländischen Architekts Olthuis: http://www.orf.at/070425-11638/ ?href=http%3A%2F%2F; www.orf.at%2F070425-11638%2F 11640txt_story.html (26.10.2009)
	ein Modell für die Badewanne mit den Elementen "tragender Keller", Wohnetage und Stauraum bauen	<ul> <li>mit verschiedenen Füllungen des Stauraums und Belegungen experimentieren</li> <li>Ergebnisse auswerten, präsentieren</li> <li>in den Modellierungskreislauf "einsteigen" (PH)</li> </ul>	TE: Materialauswahl und Stabilisierungsvarianten erkunden	s.o. Internet-Material zu Olthuis; Video "Schwimmende Häuser statt überfluteter Keller" mit Bildmaterial unter http://www.n24. de/news/newsitem_5056116.html (26.10.2009)
Sek. II	) Welt-Klima-Modelle untersuchen	<ul> <li>grundlegende Annahmen für die einzelnen Modelle erkennen</li> <li>den naturwissenschaftlichen Aspekt verstehen und kommunizieren (BI/CH/PH)</li> </ul>	GE/POL: Entwicklung der Fragestellung und die Diskussionsphasen in der Folgezeit, Auswirkungen auf Bewegungen und politische Parteien	von den "Grenzen des Wachs- tums" (Club of Rome, 1972) bis zu Al Gore (Friedensnobelpreis, 2007); allg. Informationen: http:// www.hamburger-bildungsserver. de/index.phtml?site=themen.klima (26.10.2009)
		<ul> <li>mathematische Modelle für die Prognosen erkennen und Zuverlässigkeit einschätzen (MA)</li> </ul>	DE: mathnaturw. Aussagen in einem "allgemein informierenden" Zeitungstext, eine Sprachstilanalyse	<ul> <li>Beschreibung von Klima- Modellen: http://www.hamburger- bildungsserver.de/welcome. phtml?unten=/klima/klimawandel/ klimamodelle/</li> <li>ZEIT-Artikel: Hochwasser – vor der großen Flut: http://www.zeit.de/ 2007/21/Bangladesch (26.10.2009)</li> </ul>

Modul 4	Beschreibung	Umsetzungshinweise	Fächerverbindung	Materialien
	Inhalte / Anregungen	(bes.) geförderte Kompetenzen	zum Fach	Hinweise / Adressen / u. a.
Sek. II	) Umfrage zur Akzeptanz der schwimmenden Häuser in und außerhalb der Schule	<ul> <li>entwickeln und einsetzen geeigneter Umfragemethoden</li> <li>Interviewmethode nach fest vor- gegebenen Fragestellungen oder Fragebögen mit Alternativ- antworten (multiple choice) bzw. Einschätzungen auf Skalen, quali- fizierte Auswertung mit Fehlerto- leranzen und Ergebnispräsentation</li> </ul>	DE: Sprachstilanalyse, Eindeutigkeit der Fragen und Antwortalternativen	<ul> <li>Grundlagen zur Fragebogen- struktur: http://www.orgapsy. tu-dortmund.de/joomla/images/ Files/otte/fbkkonstruktion%20% 5Bkompatibilit%E4tsmodus%5D. pdf</li> <li>oder http://www.tu-ilmenau. de/grimm/uploads/media/ Guetekriterien_von_Tests.pdf (26.10.2009)</li> </ul>

Gebäudes. Heute werden diese Flächen – additiv zur ursprünglichen Aufgabe – genutzt zur Energiespeicherung oder zum Wärmeschutz bzw. -ausgleich. Eine sehr komplexe Aufgabe, für deren Lösung die Zusammenarbeit der Mathematiker und Naturwissenschaftler mit dem Architekten und Bauingenieur notwendig ist.

Der Anstoß zur Energiespardiskussion kann nicht mehr eindeutig festgestellt werden. Ein bedeutsames Jahr war sicher 1972, das Jahr vor (!) der 1. Ölkrise, als der Bericht "Das Ende des Wachstums", Meadow, Club of Rome, in Buchform publiziert wurde. Zum ersten Mal wurden Wachstumsmodelle für die Weltbevölkerung und die Weltwirtschaft populärwissenschaftlich dargestellt und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Die Diskussion über die "Reichweite" der begrenzten Primärenergiereserven Kohle, Erdöl und Erdgas konnte nicht auf eindeutig feststehenden Aussagen aufbauen. Konsens herrschte allerdings über die befristete Nutzung der Primärenergiereserven sowie darüber, dass Energiesparmaßnahmen deren Reichweite auf jeden Fall verlängern würden. Diese elementare Feststellung hatte Konsequenzen für die Bauphysik und Bautechnik, die nicht ganz so elementar waren. Die chemische Industrie entwickelte Dämmstoffe gegen Wärmeverluste, auch der natürliche Baustoff Holz gewann wieder Marktanteile auf Kosten des damals schlecht isolierenden Betons. Auswirkungen auf die architektonischen Planungen neuer Objekte und den Umbau vorhandener konnten nicht ausbleiben, und die Ergebnisse waren erst mit Hilfe der Forschungen im Fachbereich Naturwissenschaften unter Mithilfe der Mathematik möglich und bieten heute einen hervorragenden Kontext für die Lernprozesse in diesen Fachbereichen.

Die Physik steht mit der Wärmelehre im Vordergrund und von den Reaktionsprinzipien sind dies die Wechselwirkungen z. B. bei Solarzellen sowie die Erhaltungssätze. Nicht nur wegen der möglichen Nutzung von Pflanzen für das Binnenklima im Innen- oder Außenraum, sondern auch über das biologische Baumaterial wie Holz, ist auch das Fach Biologie angesprochen. Natürlich entstandenes oder künstlich erzeugtes, chemisches Baumaterial, z. B. Spezialbeton, müssen je nach Anforderungsprofil bewertend verglichen werden. Aber auch der Einsatz der Energie sparenden, organischen Leuchtmittel OLED (organic light emitting diodes) sollte bei neuen Bauvorhaben bereits heute als mögliche Alternative in die Planungen einfließen.

Die Auseinandersetzung mit diesen realen Konsequenzen ist nicht nur ein erster motivierender Schritt zur Wissensmehrung in allen naturwissenschaftlichen Fächern, sondern erlaubt vielfältige Rückkoppelungen, die die Bedeutung der Naturwissenschaft für die Entwicklung der Gesellschaften widerspiegelt.

# 4.5.2 Beschreibung Modul 5 Das Energiesparhaus – Reaktion auf die Endlichkeit der Primärenergie (siehe Seite 76/77)

Modul 5	Beschreibung Inhalte / Anregungen	Umsetzungshinweise (bes.) geförderte Kompetenzen	Fächerverbindung zum Fach	Materialien/Literatur Hinweise/Adressen/u.a.
5/6	Aufbau und Funktion von Solarspielzeug (Photovoltaik- Prinzip) untersuchen	Rahmenbedingungen und die gleichen Bauelemente verschiedener Spielzeuge erkennen, vergleichen, sach- und fachbezogen kommunizieren (PH)	<ul> <li>DE: beobachten – beschreiben der Spielzeuge, Anleitungen sprachlich untersuchen, auch die nonverbalen als Kontrast- aspekt</li> <li>TE: Spielzeug – u. a. Modelle nach Plan zusammenbauen und neue "konstruieren"</li> </ul>	<ul> <li>Inzwischen als "normales Spielgerät" erhältlich</li> <li>Stichwort "Solarspielzeug", öffnet viele Internet-Seiten, auch einzelne Bauelemente sind erhältlich</li> <li>real funktionierende Anlage besuchen</li> </ul>
	<ul> <li>Fokussierung der einstrahlenden Sonnenwärme im Brennglas oder Parabolspiegel</li> </ul>	<ul> <li>Prozesse beschreiben und verstehen</li> <li>sowie an Gebäuden (auch Solar- zellen s. o.) erkennen und Ablauf übertragen</li> </ul>	<b>)</b> S. O.	<b>)</b> S.O.
		Sonne als Energiequelle erkennen, z. B. Wachstumsprozesse von Pflanzen mit und ohne Sonneneinfluss experimentell untersuchen (PH/BIO)	DE: Das Motiv der Sonne in der altersgerechten Literatur	
		<ul> <li>Solarthermik und Photovoltaik beschreiben und unterscheiden können (PH/CH)</li> </ul>		
7/8	Wärmebündelung, Speicherung und "Energieentwertung" untersuchen	<ul> <li>Prozesse beschreiben, verstehen und im Einsatz wieder erkennen</li> <li>Bestandsaufnahmen bei Wohnungen von Freunden und anderen zugänglichen Gebäuden durchführen und nach selbst gewählten Kriterien ordnen</li> <li>Ergebnis präsentieren (PH/TE)</li> </ul>		Wärmespeicher gut recherchier- bar im Internet z. B. unter http://www.thema-energie.de/ energie-im-ueberblick/technik/ speichernetze/waermespeicher. html (26.10.2009)
		<ul> <li>Nutzen erkennen und z. B. am Solarkocher darstellen</li> <li>unterschiedliche Strategien verstehen und erklären (PH)</li> </ul>	GE: Umgang mit Wärme in früheren Jahrhunderten, Sonnenkulte	Solarkocher: http://www.solar- papillon.com/ (26.10.2009)
9/10	<ul> <li>Niedrigenergiehaus, Passivhaus, Nullenergiehaus, Plusenergiehaus untersuchen und Kriterien ermitteln</li> </ul>	<ul> <li>Objekte in der Nachbarschaft recherchieren</li> <li>eigenes Wohnhaus "zertifizieren"</li> <li>Ungenauigkeiten erkennen</li> <li>Verbesserungsvorschläge ermitteln und präsentieren (PH)</li> </ul>		<ul> <li>zur Begrifflichkeit: Beispiele siehe</li> <li>Wüstenrot Stiftung (Hrsg):         Energieeffizienz von Gebäuden,             Stuttgart 2006     </li> <li>Wüstenrot Stiftung (Hrsg.):         Energieeffiziente Architektur,         Stuttgart 2008     </li> </ul>
	K-Wert, eine wichtige Größe, der Wärmedurchgangs- koeffizient für Materialien	<ul> <li>die Bedeutung und den Aufbau der Definition verstehen</li> <li>einen Messvorgang für K-Bestimmung am realen Bauobjekt experimentell durchführen</li> <li>Ergebnisse qualitativ einschätzen (PH)</li> </ul>		<ul> <li>A. Scuffil: Das "Niedrigenergiehaus" und der "K-Wert"?, Praxis der Naturwissenschaft, 4/47, Bauphysik, S. 30 – 36, Aulis-Deubner-Verlag 1998</li> <li>Wüstenrot Stiftung: Energieeffiziente Architektur, 2010 – eine umfangreiche Darstellung der möglichen Maßnahmen mit Tabellen und Schaubildern</li> </ul>

Modul 5	Beschreibung Inhalte / Anregungen	Umsetzungshinweise (bes.) geförderte Kompetenzen	Fächerverbindung zum Fach	Materialien/Literatur Hinweise/Adressen/u.a.
Sek. II	Welt-Klima-Modelle untersuchen	<ul> <li>) grundlegende Annahmen für die einzelnen Modelle erkennen</li> <li>) den naturwissenschaftlichen Aspekt verstehen</li> <li>) und kommunizieren (BI/CH/PH)</li> </ul>	GE/POL: Entwicklung der Fragestellung und die Diskussionsphasen in der Folgezeit, Auswirkungen auf Bewegungen und politische Parteien	) von den "Grenzen des Wachstums" (Club of Rome, 1972) bis zu Al Gore (Friedensnobelpreis, 2007); allg. Informationen: http://www.hamburger-bildungsserver.de/index.phtml?site=themen.klima (26.10.2009)
		<ul> <li>mathematische Grundlagen für die Prognosen erkennen</li> <li>deren Zuverlässigkeit einschätzen (MA)</li> </ul>	DE: mathnaturw. Aussagen in einem "allgemein informierenden" Zeitungstext zu Klimawandel, eine Sprach- stilanalyse, Aspekte des Wissenschaftsjournalismus	<ul> <li>Beschreibung von Klima- Modellen: http://www. hamburger-bildungsserver.de/ welcome.phtml?unten=/klima/ klimawandel/klimamodelle/</li> <li>ZEIT-Artikel: Hochwasser – vor der großen Flut: http://www. zeit.de/2007/21/Bangladesch (26.10.2009)</li> </ul>
	Umfrage zur Akzeptanz (aufwändiger) persönlicher Maßnahmen zum Energie sparenden; parallel: Erstellen einer Liste bereits realisierter Maßnahmen im nahen Umfeld	geeigneter Umfragemethoden Interviewmethode nach fest	DE: Sprachstilanalyse, Eindeutigkeit der Fragen und Antwortalternativen POL/SK/WI: gesetzliche Vorschriften versus freiwilliger Entscheidung	Grundlagen zur Fragebogen- struktur: http://www.orgapsy. tu-dortmund.de/joomla/images/ Files/otte/fbkkonstruktion% 20%5Bkompatibilit% E4tsmodus%5D.pdf oder http://www.tu-ilmenau. de/grimm/uploads/media/ Guetekriterien_von_Tests.pdf (26.10.2009)

#### 4.6 Modul 6: Baumaterial – natürlich gewachsen oder künstlich-technisch kreiert

#### 4.6.1 Die unterrichtliche Relevanz des Moduls

Das im Wald geschlagene Holz war und ist sicherlich ein gut zu bearbeitendes Material mit variablen Festigkeitsgraden und wurde und wird deshalb häufig als Baumaterial ausgewählt. Auch das natürliche Wachstum ist ein Argument für dessen umfangreiche Nutzung. Der Begriff "Natur" ist im Allgemeinen sehr positiv besetzt. Wie Stein, Beton und Glas muss Holz trotz seiner natürlichen Beschaffenheit gegen Beschädigungen und Verletzungen geschützt werden, um aufwändige Reparaturen zu vermeiden, auch wenn sich Holz anders verhält als Stein, Glas oder Beton beim Zerspringen und Auseinanderbrechen. Im Gegensatz dazu helfen sich lebendige Bäume in der Natur selbst bei Verletzungen, wie man immer wieder feststellen kann. Warum sollte man dann nicht gleich lebendes Material als Baumaterial verwenden? Dann wären die Selbstheilungskräfte, natürlich nur in begrenztem Umfang, nutzbar.

An der Universität Stuttgart arbeiten Architekten zusammen mit der Abteilung Botanischer Garten der Universität Freiburg an "lebenden Wänden" und "Brückenpfeilern". <sup>45</sup> Der natürliche Reparaturplan der Pflanzen wird bei gezielten Verletzungen der Pflanzen ausgenutzt. In Kaiserslautern wächst zurzeit – wie an anderen Orten auch – eine Weidenkirche heran, in der bereits Gottesdienste, Trauungen und andere Veranstaltungen stattfinden. <sup>46</sup> Form und Stabilität erhält die Kirche durch gezielte mechanische Eingriffe des Menschen in den Wachstumsprozess der Weidenpflanze, Eingriffe, wie sie in der Gärtnerei bei der Aufzucht von Pflanzen üblich sind. Hier werden jedoch andere Ziele verfolgt, zum Beispiel die Herstellung einer grünen Wand, die durch eine große Blattdichte Regenwasser abweist oder das Einwachsen einer Stange als Gerüststabilisierung.

Über diesen speziellen Aspekt der lebenden Kirchen- oder Hauswand hinaus hat sich der Begriff des "Green House" oder der "Grünen Architektur" in den letzten Jahren als Synonym entwickelt für die Gestaltung von Objekten der Wohn- und Arbeitswelt mit und nicht – weil technisch mög-

(26.10.2009)

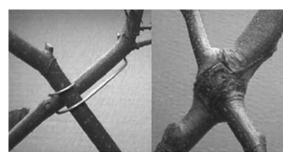




Abbildung 11 Natürliche Umklammerung (links: frisch montierte Klammer, rechts: nach fast zwei Jahren verwachsen) http://www.naturbauten.com/bilder.htm Abbildung 12 Natürliche Leiter http://www.naturbauten.com/bilder.htm

lich und praktikabel – gegen die Natur. Kennzeichnend sind Regelkreisläufe für Energie, Wasser und Wärme, die die jeweiligen Außenbereiche und deren Veränderungen mit integrieren. Die Entwicklungen und das Verständnis dieser Abläufe erfordern ein umfangreiches mathematischtechnisch- naturwissenschaftliches Grundwissen und Kompetenzen damit umzugehen. Beides kann im Kontext der Grünen Architektur gelehrt, gelernt und gefördert werden. Das Green House-Konzept geht offensiv mit den Problemstellungen der Umweltbelastung um, sucht und entwickelt Lösungen, die die Umwelt weniger belasten ohne Reduktion des erreichten Wohn- und Lebensstandards.<sup>47</sup>

Die Bauchemiker begehen Wege, die z. T. auch Bestandselemente des Wegenetzes der Grünen Architektur sind. Sie versuchen z. B. mit Hilfe chemischer Prozesse (siehe Abbildung 13) Beton-, Stahl- oder Kunststoffträger zu ermöglichen mit unterschiedlichen Reaktionsverhalten auf Druck-, Zieh- oder Torsionskräfte, aber auch mit Energiespeichereigenschaften und mit unterschiedlichen Fließ- und Trockenverhalten, je nach den Anforderungen am Einsatzort sowohl im eigentlichen Bauprojekt als auch in der geographischen Region des Bauvorhabens. Einige aktuelle architektonische Bauvorhaben wie das Olympiastadion in Peking wurden erst realisierbar als neue Technologien entwickelt wurden, die dann bei anderen Projekten eine Zunahme an Planungsvarianten und so den technologischen Fortschritt erst ermöglichen, der wie die biologischen lebenden Architekturobjekte Entwicklungs- bzw. Wachstumszeit erfordert.

**47** Vgl. Wüstenrot Stiftung (Hrsg.), Energieeffiziente Architektur, Ludwigsburg 2010

### 4.6.2 Beschreibung Modul 6

Baumaterial – natürlich gewachsen oder künstlich-technisch kreiert (siehe Tabelle Seite 79)

Modul 6	Beschreibung Inhalte / Anregungen	Umsetzungshinweise (bes.) geförderte Kompetenzen	Fächerverbindung zum Fach	Materialien Hinweise / Adressen / u. a.
5/6	Das Baumhaus, der Baum als Ort des Hauses	<ul> <li>Kriterien für die Auswahl des Baumes und des Baumaterials erkennen und beschreiben</li> <li>Wachstumseigenschaften der Bäume kennen und nutzen (BI)</li> <li>Aufenthalte beschreiben und mit "normalen" Wohnaufenthalten vergleichen</li> </ul>	<ul> <li>DE: beobachten – beschreiben einzelner Häuser, real in der nahen Umgebung oder in einem Beispiel der Jugendliteratur</li> <li>TE: Konstruktion im privaten Garten oder im Hof der Schule (Projekt)</li> </ul>	Individualität des Eigenbaus vergleichen mit erhältlichem Haus aus Bausatz; Anknüpfung bei "Pippi Langstrumpf" u.a. Literaturbeispielen; Beobachtung von Baumwachstum über Monate/Jahre
7/8	Beispiele aus der Baubotanik untersuchen, beschreiben und mit Beton- und Stahlbauten vergleichen	<ul> <li>Recherche mit Klassifizierungen und Nutzungsüberlegungen durchführen (BI / CH)</li> <li>geforderte Materialeigenschaften und ihre Realisierungen beschreiben</li> </ul>	) GE: Entwicklung des "Wohnraumes" in der Geschichte der Menschheit und Kulturen	<ul> <li>http://www.baubotanik.de/ (26.10.2009) und</li> <li>http://www.dw-world.de/dw/ article/0,2144,3001293,00.htm (26.10.2009) die vertikale Stadt Turm Burj in Dubai u. a.</li> </ul>
9/10	) kontrollierte Verwachsungen als Bauhilfen untersuchen	<ul> <li>Wachstumsprozesse verstehen und darstellen</li> <li>selbständig experimentieren (Langzeitversuch!)</li> <li>Ergebnis vorstellen (BI)</li> </ul>	) PH/TE: Belastungsversuche durchführen	) http://www.naturbauten.com/ bilder.htm
	Projekt Weidenkirchen untersuchen	Besonderheiten gegenüber einem traditionellen Kirchenbau der Umgebung zusammenstellen, kommunizieren und bewerten	RE: Interview mit einem Pfarrer	http://www.gartenschau-kl.de/ weidenkirche (26.10.2009)
	Beton, vielfältig anpassbar je nach Anforderung an das Baumaterial	Eigenschaften klassifizieren mit Anwendungsbeispielen (TE/PH)		
Sek. II	Beton ist nicht Beton – die Chemie macht es möglich	Chemische Reaktionsstrukturen erkennen und bewerten (CH)	) WI: Beispiel eines globalen Wirtschaftskonzerns	